Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 4, Oct- Nov 2019, p. 477-484

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره 4، مهر - آبان 1398، ص. 484-477

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پکتین استخراج شده از پسماند بادمجان با استفاده از امواج فراصوت

محمّد نوشاد[*1]- محمّد امین مهرنیا[1]- نسیم دهقان[2]

تاریخ دریافت: 1397/12/11
تاریخ پذیرش: 1398/01/31

چکیده

در این پژوهش از امواج فراصوت جهت استحصال پکتین از ضایعات بادمجان (پوست و کلاهک) استفاده شد. برای این منظور اثر مدت زمان فراصوت (80-40 دقیقه) و نسبت حلال به ماده جامد (1:30- 1:10 میلی‌لیتر بر گرم) بر میزان راندمان استخراج و درجه استری شدن پکتین استحصال شده مورد بررسی قرار گرفت. از آزمون طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز FTIR و بررسی رفتار رئولوژیکی، ویژگی‌های عملکردی پکتین استحصال شده ارزیابی گردید. براساس نتایج به دست آمده، در نسبت حلال به ماده خشک (1:10 میلی‌لیتر بر میلی‌گرم) و مدت زمان 60 دقیقه بالاترین راندمان استحصال پکتین از پسماند بادمجان به‌دست آمد. بالاترین درجه استری شدن، در نسبت حلال به ماده خشک (1:20 میلی‌لیتر بر میلی‌گرم) و مدت زمان 60 دقیقه (0/1% ± 84/18) حاصل شد. همچنین، درجه استری شدن پکتین‌های به‌دست آمده بین 0/02 ±67/69 تا 0/1 ±84/18 درصد متغیر بود که نشان از کیفیت بالای پکتین استخراج شده است. نمودار FTIR، تمام پیوندها و پیک‌های مشخصه پکتین را نشان داد هم چنین پیک‌های موجود در نمودار FTIR، حاکی از وفور گروه‌های متوکسی در پکتین‌های استحصالی بود. محلول‌های پکتینی استحصال شده در این پژوهش، رفتار شل‌شونده با درجه برش از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: امواج فراصوت، استخراج پکتین، درجه استریفیکاسیون، پسماند بادمجان.

مقدمه

پکتین پلی‌ساکاریدی است که در دیواره سلولی بافت‌های گیاهی وجود دارد و از پلی‌ساکارید به‌عنوان عامل ژله‌ای کننده، پرکننده و تثبت‌کننده در صنایع مختلف غذایی استفاده می‌شود. علاوه بر ویژگی‌های ذکر شده، پکتین با حبس آب در فیبر و تشکیل ژل، آب آزاد را از دسترس میکروارگانیسم‌ها خارج می‌کند که در نتیجه سبب افزایش ماندگاری مواد غذایی می‌شود. درجه استریفیکاسیون که بیانگر درصد گروه‌های کربوکسیل استری شده با متانول است، مهم‌ترین پارامتر تعیین کننده کاربرد پکتین در صنعت غذاست که بر اساس آن، پکتین به دو گروه پکتین با درجه استریفیکاسیون بالا (درجه استریفیکاسیون بالای 50 درصد) و پکتین با درجه استریفیکاسیون پایین (درجه استریفیکاسیون کمتر از 50 درصد) طبقه‌بندی می‌شود (Da Silva & Rao, 2006; Mohnen, 2008; Sharma *et al*, 2006). از متداول‌ترین روش‌های استخراج پکتین، استفاده از آب داغ به همراه اسیدهای معدنی است که این روش زمانبر بوده و همچنین دفع ضایعات این روش از نظر زیست محیطی مشکل‌زا است. بنابراین استفاده از روش‌های نوینی مانند امواج فراصوت به‌منظور به حداقل رساندن محدودیت‌های روش سنتی استخراج پکتین مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. استفاده از امواج فراصوت در فرآیند استخراج پکتین سبب کاهش مدت زمان استخراج و افزایش راندمان و بهبود ویژگی‌های کیفی پکتین استحصال شده می‌شود (Bagherian *et al*, 2011; Xu *et al*, 2014). Wang و همکاران (2015) از روش فراصوت برای استخراج پکتین از پوست گریپ فروت استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان داد، استفاده از روش فراصوت باعث افزایش 16/34 درصد راندمان استخراج و کاهش درجه حرارت و مدت زمان استخراج پکتین از پوست گریپ فروت در مقایسه با روش معمول شد. همچنین پکتین به‌دست آمده از این روش در مقایسه با روش معمول، دارای خلوص بیشتر و ویسکوزیته و درجه استری شدن کمتری بود (Wang *et al*, 2016).

---

1 و 2- به‌ترتیب استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

(* - نویسنده مسئول: Email: Noshad@asnrukh.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v15i4.79504

پسماند کارخانجات تولید آب سیب و مرکبات به‌عنوان مهم‌ترین منبع برای تولید پکتین در مقیاس تجاری است. با توجه به کاربرد و استفاده فراوان پکتین در صنعت غذا، امروزه پژوهشگران به دنبال یافتن منابع دید برای استحصال پکتین هستند که در این میان، استفاده از پسماند مواد غذایی مورد توجه زیاد قرار گرفته است زیرا دفع ضایعات و پسماندهای کارخانه‌های مواد غذایی از چالش‌های عمده تولیدکنندگان محصولات غذایی است، زیرا منجر به افزایش هزینه‌ها، آلودگی فضای کارخانه و محیط زیست می‌شود. این در حالی است که اکثر مواد ضایعاتی غنی از ترکیباتی هستند که به دلیل خواص تغذیه‌ای و تکنولوژیکی مناسب می‌توانند در فرمولاسیون فرآورده‌های غذایی مورد استفاده قرار بگیرند (Santos *et al*, 2013; Seixas *et al*, 2014; Yapo *et al*, 2007).

بادمجان (Eggplant) گیاهی است بومی شرق هندوستان با نام علمی *Solanum melongena* متعلق به خانواده Solanaceae می‌باشد که میوه این گیاه به وفور در دنیا مورد مصرف قرار می گیرد. بر اساس آمار فائو میزان تولید این سبزی در سال 2016 حدود 51/3 میلیون تن بوده است. مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده این سبزی، چین، هند، مصر، ترکیه و ایران هستند (FAO, 2018). پوست و کلاهک این محصول که به‌عنوان پسماند دور ریخته می‌شود، می‌تواند به‌عنوان یک منبع ارزشمند جهت استحصال پکتین استفاده شود (ناطقی و همکاران، 1396). بنابراین هدف از این پژوهش، استفاده از امواج فراصوت جهت استحصال پکتین از پسماند بادمجان و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پکتین استحصال شده بود.

مواد و روش‌ها

پسماندهای بادمجان قلمی (*Solanum melongena* L. var, depressum) از سلف سرویس دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در دی ماه سال 1396 تهیه شد. پسماندها در آون با دمای 60 درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد. پسماندهای خشک شده با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی پودر و از الک با مش 60 عبور داده شد. پودر آسیاب شده تا زمان انجام آزمون در یخچال نگهداری شد.

استخراج و جداسازی پکتین

استخراج و جداسازی پکتین بر طبق روش Bagherian و همکاران (2011)، با اعمال تغییرات جزیی انجام شد. 40 گرم پودر پسماند بادمجان در یک ارلن با نسبت‌های 1:10، 1:20 و 1:30 (گرم بر میلی‌لیتر) با آب مقطر مخلوط شد. pH مخلوط با محلول 1 نرمال اسید هیدروکلریک بر عدد ثابت 2 تنظیم شد. فرآیند استخراج در یک حمام فراصوت (TransSonic TP 690-A, Elma, Germany) محتوی آب مقطر و در زمان های مختلف (۶۰،۴۰ و 80 دقیقه) و شدت صوت 70 درصد انجام گرفت. عصاره استخراج شده تا دمای محیط سرد و سپس توسط کاغذ صافی واتمن شماره 42 صاف شد. سپس pH عصاره را با محلول سود 2 نرمال به 3/5 رسانده و به نسبت حجمی 1 به 1/5 با اتانول 96 درصد مخلوط شد. رسوب به‌دست آمده با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره 24 جدا شده و در دمای 40 درجه سانتی گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک گردید.

بازده استخراج پکتین

بازده میزان پکتین استخراج شده با استفاده از معادله 1 محاسبه شد(Kulkarni & Vijayanand, 2010).

(1) 100× (وزن پسماند بادمجان خشک شده (گرم)/وزن پکتین خشک شده نهایی (گرم))= بازده استخراج

اندازه‌گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته غلظت محلول‌های مختلف پکتین (0/1، 0/5 و 1 درصد) به‌وسیله یک ویسکومتر چرخشی مدل DV2TLVTJO در دمای اتاق اندازه‌گیری شد. حدود 25 میلی‌لیتر از هر نمونه به داخل استوانه ریخته شد و سپس نمودار ویسکوزیته در مقابل نرخ برشی رسم شد.

درجه استری شدن (DE)

اندازه‌گیری درجه استری شدن پکتین با استفاده از روش Bochek و همکاران (2001) انجام گرفت. 0/2 گرم از نمونه پودر پکتین در یک ارلن با 2/5 میلی لیتر اتانول 96% خیسانده و سپس 20 میلی‌لیتر آب مقطر 40 درجه سانتی‌گراد به آن اضافه و تا حل شدن کامل پکتین روی همزن مغناطیسی قرار داده شد. سپس تیتراسیون با سود 0/1 نرمال در حضور معرف فنل فتالئین تا ظهور رنگ صورتی انجام گرفت. حجم سود مصرفی به‌عنوان تیتر خنثی شدن (v_1) یادداشت شد. به محلول خنثی شده مرحله اول، 10 میلی‌لیتر سود 0/1 نرمال اضافه و محتویات به مدت 2 ساعت هم‌زده شد. 10 میلی‌لیتر اسید کلریدریک اضافه و اسید اضافی با سود 0/1 نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیتر و حجم مصرفی به‌عنوان تیتر صابونی شدن (v_2) یادداشت شد. و در نهایت درجه استری شدن پکتین از معادله 2 محاسبه شد.

$$DE (\%) = [V2/(V1 + V2)] \times 100 \quad (2)$$

طیف‌سنج مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR)

از طیف‌سنج مادون قرمز فوریه (Tensor, Burker, Germany) در دامنه cm^{-1} (4000 –400) با تفکیک‌پذیری 4 cm^{-1} برای تهیه طیف FTIR پکتین استحصال شده، استفاد شد (Ismail *et al*, 2012).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

این پژوهش در قالب طرح کاملا تصادفی صورت پذیرفت و از آنالیز واریانس یکطرفه برای تجزیه و تحلیل داده استفاده شد. از آزمون دانکن جهت مقایسه میانگین داده‌ها در سطح احتمال 5 درصد با استفاده از نرم افزار SPSS (V.16) استفاده شد. تمامی آزمایش‌ها در سه بار تکرار انجام شد.

نتایج و بحث

بازده استخراج

نتایج اثر افزایش مدت زمان استخراج بر میزان درصد استخراج پکتین در جدول 1، گزارش شده است. همان طور که در جدول 1، مشاهده می شود، افزایش مدت زمان استخراج تأثیر معناداری (P<0/05) بر میزان درصد استخراج پکتین داشت به‌طوری که افزایش مدت زمان استخراج از40 به 60 دقیقه سبب افزایش راندمان استخراج از 0/21 ±14/05 به 0/21 ±29/35 درصد شد که این امر احتمالا به این دلیل می‌باشد که پدیده کاویتاسیون باعث شکسته شدن دیواره سلولی و نفوذ بیشتر حلال به درون ماتریکس سلولی می‌شود که در نتیجه باعث افزایش میزان تراوش و استخراج پکتین می‌شود (مسیبی و همکاران، 1394). در حالی که افزایش مدت زمان استخراج از 60 به 80 دقیقه سبب کاهش راندمان استخراج 21/±29/35 به 0/04±23/47 شد که احتمالا به دلیل هیدرولیز پکتین است. هم چنین براساس نتایج به دست آمده (جدول 1)، افزایش نسبت حلال به نمونه از 1:10 به 1:20 (میلی‌لیتر بر گرم) باعث افزایش راندمان استخراج شد در حالی که افزایش نسبت حلال به نمونه از 1:20 به 1:30 (میلی‌لیتر بر گرم) باعث کاهش میزان راندمان استخراج شد. این روند را می‌توان چنین تفسیر کرد که هر چه مقدار حلال نسبت به ماده خشک کمتر باشد با گذشت زمان ویسکوزیته حلال استخراج کننده افزایش می‌یابد و با توجه به این که پدیده کاویتاسیون در محلول‌های ویسکوز کمتر اتفاق می‌افتد همین امر دلیل کاهش راندمان استخراج پکتین در نسبت‌های پایین حلال به نمونه می‌شود. حال این که با افزایش میزان حلال، غلظت مواد جامد کاهش می‌یابد که همین امر سبب کاهش راندمان استخراج پکتین می‌شود (Minjares-Fuentes *et al*., 2014).

جدول 1- اثر نسبت ماده خشک به حلال و مدت زمان فراصوت‌دهی بر میزان راندمان استخراج پکتین

زمان (دقیقه)	نسبت ماده خشک به حلال 1-10	20-1	30-1
40	14/05± 0/21 cA	10/35± 0/21 cC	11/22± 0/02 cB
60	29/25± 0/21 aA	20/35± 0/21 aC	22/18± 0/04 aB
80	23/47± 0/04 bA	14/9± 0/14 bC	18/03± 0/24 bB

حروف بزرگ اختلاف معنی‌دار در سطر، حروف کوچک اختلاف معنی‌دار در ستون و حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد است.

درجه استریفیکاسیون

درجه استریفیکاسیون از مهمترین پارامترهای تعیین‌کننده کاربرد پکتین است. پکتین به دو دسته کم استر با درجه استری شدن کمتر از 50 درصد و پر استر با درجه استری بالا تقسیم می‌شوند (Sharma *et al*, 2006). در این پژوهش، درجه استری شدن پکتین به‌دست آمده از پسماند بادمجان بین 0/02 ±67/69 تا 0/1 ±84/18 درصد متغیر بود که نشان از کیفیت بالای پکتین استخراج شده است. با توجه به آن که پیوندهای استری در مقایسه با پیوندهای گلیکوزیدی نسبت به هیدرولیز اسیدی ناپایدارتر هستند، بنابراین بالاتر بودن درجه استریفیکاسیون، نشان‌دهنده آسیب کمتر به ساختار پکتین در طی فرآیند استخراج است. همچنین این پکتین‌ها در دسته پکتین‌های متوکسیل بالا (DE>%50) قرار می‌گیرد.

جدول 2- اثر نسبت ماده خشک به حلال و مدت زمان فراصوت‌دهی بر میزان درجه استریفیکاسیون

زمان (دقیقه)	نسبت ماده خشک به حلال 1-10	20-1	30-1
40	70/5± 0/7 bC	82/5± 0/03 bA	78/94± 0/08 bB
60	75/68± 0/04 aC	84/18± 0/1 aA	81/1± 0/14 aB
80	67/69± 0/02 cC	68/13± 0/01 cB	77/57± 0/03 cA

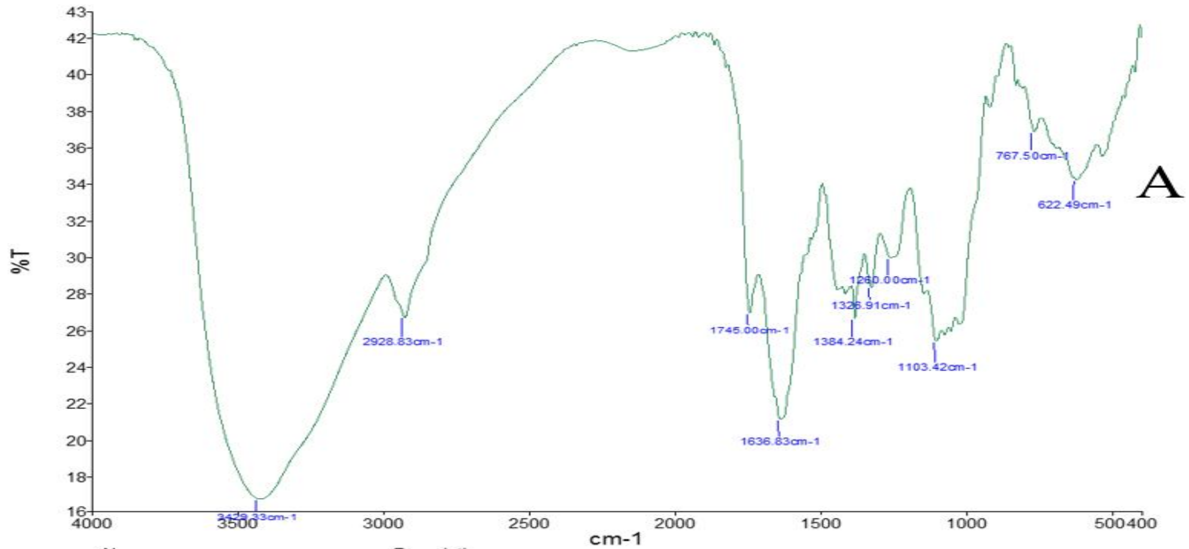
حروف بزرگ اختلاف معنی‌دار در سطر، حروف کوچک اختلاف معنی‌دار در ستون و حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد است.

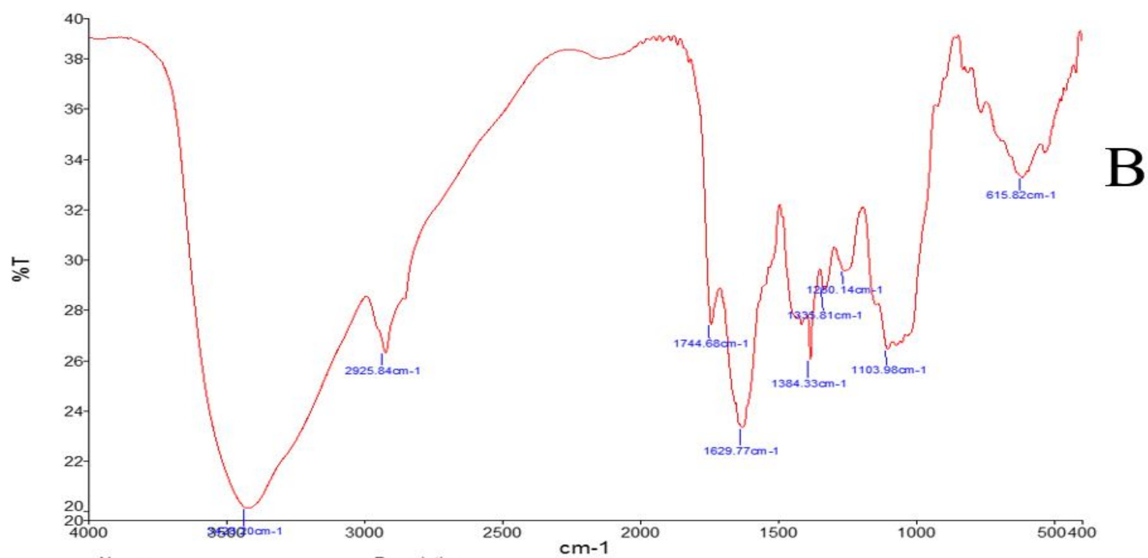
با توجه به نتایج جدول 2، پکتین با بیشترین درجه استریفیکاسیون درنسبت حلال به ماده جامد (1:20) و مدت زمان 60 دقیقه و پکتین با کمترین درجه استریفیکاسیون در نسبت حلال به ماده جامد (1:10) و مدت زمان 80 دقیقه به‌دست آمد. ناطقی و انصاری (1396) بازده و درجه استریفیکاسیون پکتین استخراجی از کلاهک بادمجان به روش متداول (آب به‌همراه اسید) را به‌ترتیب 12/3 درصد و 15/43 درصد

گزارش کردند. همچنین انصاری و همکاران (1396)، بالاترین راندمان استخراج پکتین برای پوست بادمجان دردمای 90 درجه سانتی گراد به مدت 150 دقیقه را در حدود 28/3 درصد گزارش کردند که در این شرایط درجه استریفیکاسیون پکیتین های استخراج شده 35/41 درصد بود.

FTIR

از روش‌های نوین بررسی ساختار پکتین، استفاده از طیف FTIR است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، این طیف تمام پیوندها و پیک‌های مشخصه پکتین را نشان می‌دهد؛ پیک عمده در محدوده $3200\text{-}3600\ cm^{-1}$ گروه‌های متعدد OH را در ساختار پکتین نشان می‌دهد





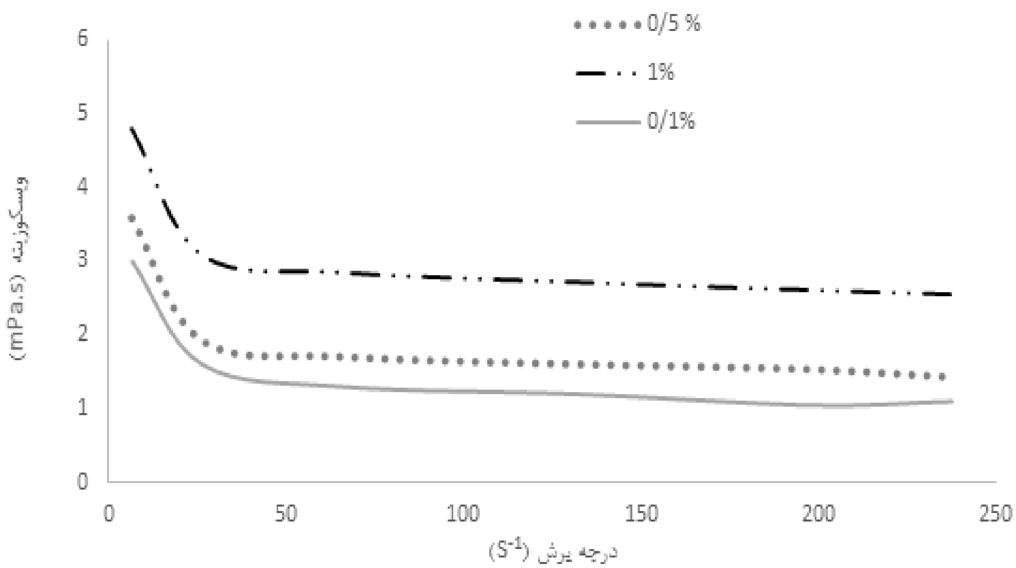
شکل 1- طیف FTIR مربوط به پکتین استخراج شده در شرایط، نسبت ماده خشک به حلال (1 به 20) و مدت زمان 60 دقیقه (A) و نسبت ماده خشک به حلال (1 به 10) و مدت زمان 80 دقیقه.

پیک مشخص در موج $1634\ cm^{-1}$ مربوط به ارتعاشات کششی پیوند O-H و پیک 1446 مربوط به ارتعاشات خمشی پیوند C-O-C می‌باشد. پیک در موج 1261 ارتعاشات کششی مربوط به پیوند C-O-C بوده و حاکی از وفور گروه‌های متوکسی می‌باشد. پیک 1732 نیز ارتعاش کششی C=O را نشان می‌دهد که حاکی از حضور گروه‌های استیل در ساختار پکتین می‌باشد. همچنین، وجود پیک در ناحیه

1200-1000 cm^{-1} به دلیل ارتعاشات متعدد پیوندهای C-O-C گلیکوزیدی و C=O مربوط به گالاکتورونیک اسید است. گستره عدد موج 800-600 cm^{-1} مشخصه کشش پیوندهای C-H گروه‌های متیل می‌باشد (Santos *et al*, 2013).

رفتار جریان

معمول‌ترین رفتار جریان برای محلول‌های پکتینی، رفتار شل‌شونده با درجه برش است که به دلیل جهت‌گیری زنجیره‌های پلیمری آن در راستای جهت جریان است یا به دلیل شکسته شدن پیوندهای فیزیکی ضعیف بین بیوپلیمرها است که همین امر سبب کاهش مقاومت این ماده در برابر جریان می شود (Panchev *et al*, 1989). ویسکوزیته ظاهری محلول پکتین استخراج شده با افزایش درجه برش از 0/5 تا 10 S^{-1} با شیب تند کاهش یافت در حالی که در درجه برش‌های بالا مقدار ویسکوزیته ظاهری محلول پکتین تقریبا ثابت باقی ماند (شکل 2). این روند نشان می‌دهد که محلول پکتین تولید شده در درجه برش‌های پایین دارای رفتار غیرنیوتنی از نوع شل‌شوندگی است در حالی که در درجه برش‌های بالا رفتار نیوتنی از خود نشان می‌دهد. رفتار شل‌شوندگی با افزایش درجه برش برای پکتین‌های استخراج شده از دیگر ترکیبات گیاهی مانند پالپ توت سیاه نیز گزارش شده است (Haminiuk *et al*., 2008). همچنین Chen و همکاران (2014) گزارش کردند، محلول پکتینی استخراجی از *Abelmoschus esculentus* در غلظت های کم رفتار نیوتنی از خود نشان داد. در حالی که افزایش غلظت سبب تغییر رفتار جریان از نیوتنی به شبه پلاستیک در نمونه‌ها شد (Chen *et al*, 2014). در پژوهشی ناطقی و همکاران (1396) رفتار جریان پکتین استخراج شده از کلاهک بادمجان را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد محلول پکتین به‌دست آمده از این محصول در تمامی غلظت‌ها (غلظت‌های کمتر و بیشتر از 1 درصد حجمی/ وزنی) دارای رفتار نیوتنی بود.



شکل 2- رفتار جریان محلول‌های پکتین استخراج شده در شرایط، نسبت ماده خشک به حلال (1 به 20) و مدت زمان 60 دقیقه.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر مدت زمان فراصوت (80-40 دقیقه) و نسبت حلال به ماده جامد (1:30- 1:10 میلی‌لیتر بر گرم) بر میزان راندمان استخراج پکتین و ویژگی فیزیکوشیمیایی پکتین استحصال شده ارزیابی شد. نتایج نشان داد، افزایش مدت زمان استخراج از40 به 60 دقیقه سبب افزایش راندمان استخراج از 0/21 ±14/05 به 0/21 ±29/35 درصد شد در حالی که افزایش مدت زمان استخراج از 60 به 80 دقیقه سبب کاهش راندمان استخراج 0/21 ±29/35 به 0/4 ±23/47 درصد شد. درجه استری شدن پکتین به‌دست آمده از پسماند بادمجان بین 0/02 ±67/69 به 0/1 ±84/18 درصد متغییر بود که نشان از کیفیت بالای پکتین استخراج شده است. همچنین این پکتین‌ها در دسته پکتین‌های متوکسیل بالا (DE>%50) قرار می‌گیرد. طیف FTIR تمام پیوندها و پیک‌های مشخصه پکتین را نشان داد و وجود پیک در موج 1261 cm^{-1} ناشی از ارتعاشات کششی مربوط به پیوند C-O-C است که حاکی از وفور گروه‌های متوکسی در ساختار پکتین است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، با استفاده از روش فراصوت می‌توان پکتینی با درجه استری شده بالا با رفتار شل‌شوندگی استخراج کرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می دانند از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جهت تأمین اعتبار هزینه‌های مالی صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

مسیبی،و. طباطبایی یزدی، ف. امام جمعه، ز. 1394. بهینه سازی شرایط استخراج پکتین به کمک امواج اولتراسونیک از تفاله شاه توت (*Morus nigra* L.). نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، 13(4): 610-594.

ناطقی،ل. انصاری، س. 1396. استخراج و بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی پکتین استخراجی از ضایعات کلاهک بادمجان. فصل نامه فناوری های نوین غذایی، 5(2) 239-219.

ناطقی، ل. انصاری، س. شهاب لواسانی، ع. 1396. بررسی بازده و خصوصیات فیزیکوشیمیایی پکتین استخراجی از ضایعات بادمجان.علوم و صنایع غذایی، 73 (14): 30- 73.

Bagherian, H., Ashtiani, F. Z., Fouladitajar, A. & Mohtashamy, M. (2011) Comparisons between conventional, microwave-and ultrasound-assisted methods for extraction of pectin from grapefruit. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 50(11-12), 1237-1243.

Chen, Y., Zhang, J.-G., Sun, H.-J. & Wei, Z.-J. (2014) Pectin from Abelmoschus esculentus: Optimization of extraction and rheological properties. *International journal of biological macromolecules*, 70, 498-505.

Da Silva, J. L. & Rao, M. (2006) Pectins: Structure, Functionality, and Uses. *Food polysaccharides and their applications*, 354-372.

Haminiuk, C. W. I., Sierakowski, M.-R., Izidoro, D., Maciel, G. M., Scheer, A. P. & Masson, M. L. (2008) Effect of heat treatment on pectic fractions and apparent viscosity of whole Blackberry (Rubus spp.) Pulp. *International journal of food engineering*, 4(4).

Ismail, N. S. M., Ramli, N., Hani, N. M. & Meon, Z. (2012) Extraction and characterization of pectin from dragon fruit (Hylocereus polyrhizus) using various extraction conditions. *Sains Malaysiana*, 41(1), 41-45.

Kulkarni, S. & Vijayanand, P. (2010) Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (Passiflora edulis f. flavicarpa L.). *LWT-Food Science and Technology*, 43(7), 1026-1031.

Minjares-Fuentes, R., Femenia, A., Garau, M., Meza-Velázquez, J., Simal, S. & Rosselló, C. (2014) Ultrasound-assisted extraction of pectins from grape pomace using citric acid: a response surface methodology approach. *Carbohydrate Polymers*, 106, 179-189.

Mohnen, D. (2008) Pectin structure and biosynthesis. *Current opinion in plant biology*, 11(3), 266-277.

Panchev, I., Kirtchev, N. & Kratchanov, C. (1989) Kinetic model of pectin extraction. *Carbohydrate polymers*, 11(3), 193-204.

Santos, J. D. G., Espeleta, A. F., Branco, A. & de Assis, S. A. (2013) Aqueous extraction of pectin from sisal waste. *Carbohydrate polymers*, 92(2), 1997-2001.

Seixas, F. L., Fukuda, D. L., Turbiani, F. R., Garcia, P. S., Carmen, L. d. O., Jagadevan, S. &

Sharma, B., Naresh, L., Dhuldhoya, N., Merchant, S. & Merchant, U. (2006) An overview on pectins. *Times Food Processing Journal*, 23(2), 44-51.

Wang, W., Ma, X., Jiang, P., Hu, L., Zhi, Z., Chen, J., Ding, T., Ye, X. & Liu, D. (2016) Characterization of pectin from grapefruit peel: A comparison of ultrasound-assisted and conventional heating extractions. *Food Hydrocolloids*, 61, 730-739.

Xu, Y., Zhang, L., Bailina, Y., Ge, Z., Ding, T., Ye, X. & Liu, D. (2014) Effects of ultrasound and/or heating on the extraction of pectin from grapefruit peel. *Journal of Food Engineering*, 126, 72-81.

Yapo, B. M., Robert, C., Etienne, I., Wathelet, B. & Paquot, M. (2007) Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. *Food chemistry*, 100(4), 1356-1364.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 4, Oct- Nov 2019, p. 477-484

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره 4، مهر - آبان 1398، ص. 484-477

Evaluation of physicochemical properties of pectin extracted from eggplant waste using ultrasound technique

M. Noshad*, M. A. Mehrnia, N. Dehghan

Received: 2018.03.02
Accepted: 2019.04.20

Introduction: Pectin is a type of water-soluble hetero-polysaccharide that is present in the primary cell wall of plant and is used as a jellying, thickening and stabilizing agent in various food products. The degree of esterification is the most important determinant of the use of pectin in the food products, according to pectin is divided into two groups: high-esterification pectin (50% degree of esterification) and pectin with degree low esterification (degree of esterification less than 50 %). Considering the high use of pectin in the food products, researchers are now looking for new sources of pectin extraction, among which the use of food waste has been considered high, because the waste of food factories is a major challenge for food manufacturers. Eggplant (*Solanum melongena)* belongs to the *Solanaceae* family, which is used extensively in the world. The plan species is believed to have originated in India, where it continues to grow in southern and eastern Asia. The skin and warhead of this product, which is discarded as waste, can be used as a valuable source for pectin extraction. The most commonly used methods for pectin extracting are the use of hot water, along with acids, which is a time-consuming process and the waste discard of this method is environmentally problematic. Therefore, the use of new methods such as ultrasound has been considered by researcher to minimize the limitations of the traditional method of pectin extracting. The purpose of this study was to extract pectin from eggplant waste using ultrasound and evaluate its physicochemical properties.

Material and methods: The waste of eggplant from restaurant of agricultural sciences and natural resources university of Khuzestan were prepared. The waste was dried in an oven at 60 ºC to reach constant weight. The dried waste was powdered using a grinder and passed through the sieve. The ultrasound was used to extract pectin from eggplant waste (skin and warhead). For this purpose, the effect of ultrasound time (40-80 min) and dry matter /solvent ratio (1:10 – 1:30 g/ml) on extraction efficiency degree of esterification of extracted pectin were investigated. The FTIR (wavelengths scanned 4000-400 cm^{-1}) and rheological behavior were studied to evaluate the performance characteristics of the extracted pectin. Analysis of variance (ANOVA) procedure followed by Duncan's test using SPSS 16 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software was applied to determine the significant difference ($P < 0.05$) between treatment means.

Result & discussion: Based on results, increasing the extraction time had a significant effect ($P<0.05$) on the pectin extraction, so that the increase in extraction time from 40 to 60 min increased the extraction efficiency from 14.05 ±0.21 to 29.35±0.21 (%), which is probably due to the fact that the cavitation causes the cell wall to break down and more solvent penetrates the cell matrix, which results in increased extraction of pectin. The highest efficiency of pectin was obtained in the dry matter /solvent ratio (1:10 g/ml) and 60 min. The highest degree of esterification (84.18 ± 0.1 %) was obtained in the dry matter /solvent ratio (1:20 g/ml) and 60 min. Also, the degree of esterification of the obtained pectin varied from 67.69 ± 0.02 to 84.14 ± 0.1 %), which indicated the high quality of pectin was extracted. Due to the fact that the steric bonds are more unstable than acidic hydrolysis in comparison with glycosidic bonds, the higher degree of esterification indicates less damage to the pectin structure during the extraction process. FTIR showed all of the pectin's specific spectra and abundance of methoxy groups in extracted pectin. The FT-IR spectra show the characteristic absorption of -CH at the ranges of 3000-2800 cm^{-1} and at 1421 cm^{-1}, while the wide band at 3406 cm^{-1} was assigned to the -OH stretching vibration. The wide band at the ranges of 1700-1600 cm^{-1} can be due to the stretching vibrations of the C=O bonds in the backbone of crude polysaccharide because of presence of uronic acid. Existence of a peak at 1200-900 cm^{-1} indicates that pectin contained multiple vibrations of glycosidic (C–O-C) and pyranoid (C=O) linkages due to the characteristic of the pyranose form of glucosyl residues. The apparent viscosity of the extracted pectin solution decreased with increasing shear rate (0.5 to 10 s^{-1}) while in the higher shear rate (10 to 100 s^{-1}), the apparent viscosity of the pectin solution remained almost constant. This process shows that the produced pectin solution at low shear rate exhibits pseudo plastic behavior, while at highest shear rate exhibits Newtonian behavior. These results indicated that eggplant waste could be used as a good source of high-performance pectin.

Department of Food Science & Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
(* Corresponding author E-mail: Noshad@asnrukh.ac.ir)

Keywords: Ultrasound; Pectin extraction; Degree of esterification; Eggplant waste.